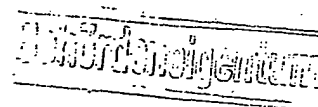




DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 36 37 366.4
22 Anmeldetag: 3. 11. 86
43 Offenlegungstag: 11. 5. 88



DE 3637366 A1

71 Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE;
Mannesmann AG, 4000 Düsseldorf, DE

74 Vertreter:

Rackette, K., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 7800
Freiburg

72 Erfinder:

Salzburger, Hans-Jürgen, Dipl.-Phys., 6680
Neunkirchen, DE; Wilbrand, Ansgar, Dipl.-Phys.,
6601 Heusweiler, DE; Repplinger, Wilhelm, Dipl.-Ing.
(FH), 6638 Dillingen, DE; Böttger, Wolfgang,
Dr.rer.nat., 4000 Düsseldorf, DE; Schlawne,
Friedhelm, Dr.rer.nat., 5014 Kerpen, DE; Weingarten,
Willi, Dipl.-Ing., 4130 Moers, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler

Bei einem elektromagnetischen Ultraschallwellenwandler mit einem Magneten zur Erzeugung eines horizontal oder rechtwinklig zur Werkstücksoberfläche ausgerichteten statischen oder niederfrequenten Magnetfeldes ist eine Spulenanordnung (2-6) auf einem Spulenträger (1) vorgesehen, der mehrere parallel verlaufende Leisten (17) für benachbarte Spulen (2-6) mit jeweils alternierendem Wicklungssinn aufweist. Die Hochfrequenzspulen (2-6) sind im Abstand von den Stirnflächen (38) der Leisten auf den Leisten (17) aufgewickelt, so daß sie aufgrund des Abstandes zur Werkstücksoberfläche (10) gegen Beschädigungen geschützt sind.

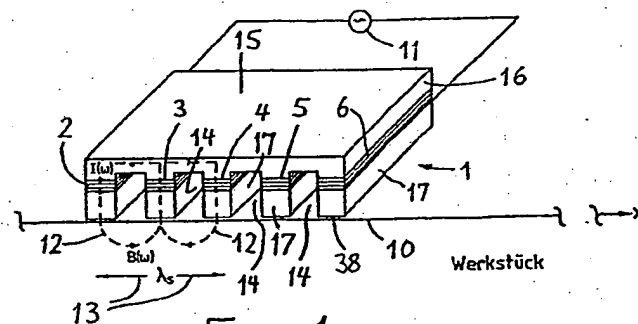


Fig. 1

DE 3637366 A1

BEST AVAILABLE COPY

1. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler mit einem Magneten zur Erzeugung eines horizontal oder rechtwinklig zur Werkstückoberfläche ausgerichteten statischen oder niederfrequenten Magnetfeldes und mit einer im Magnetfeld des Magneten befindlichen Hochfrequenzspulenanordnung, die zum Senden von Ultraschall an den Ausgang eines Hochfrequenzgenerators und zum Empfangen von Ultraschall an den Eingang eines Signalempfangsverstärkers anschließbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzspulenanordnung aus mehreren Hochfrequenzspulen (2-6) besteht, die auf einem magnetisch gut leitenden Spulenträger (1) hoher Sättigungsinduktion mit wenigstens zwei parallel verlaufenden Leisten (17) mit für benachbarte Hochfrequenzspulen (2-6) jeweils alternierendem Wicklungssinn aufgewickelt sind.
2. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenträger (1) aus einem elektrisch schlecht leitenden Material besteht.
3. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Spulenträgers (1) eine geringe Längsmagnetostriktion aufweist.
4. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Leisten (17) einer halben Spurwellenlänge der anzuregenden Ultraschallwellenlänge entspricht.
5. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzspulen (2-6) so miteinander verbunden sind, daß sie von demselben Strom durchflossen sind.
6. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Orientierung der Längsseite der Leisten (17) rechtwinklig zur Richtung eines horizontal zur Werkstückoberfläche (10) verlaufenden statischen, niederfrequenten oder gepulsten Magnetfeldes sowie bei senkrecht zur Werkstückoberfläche gerichtetem Verlauf des den Spulenträger (1) durchsetzenden Magnetfeldes in Einfallsebene polarisierte Transversalwellen (SV-Wellen) sowie Rayleigh-Wellen angeregt werden und daß bei Orientierung der Längsseite der Leisten (17) parallel zur Richtung eines horizontal zur Werkstückoberfläche (10) verlaufenden Magnetfeldes senkrecht zur Einfallsebene polarisierte Transversalwellen erzeugt werden.
7. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Leisten (17) gemäß einer Phasenbelegungsfunktion variiert.
8. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Senden und Empfangen getrennte Hochfrequenzspulen vorgesehen sind, die ineinander verschachtelt sind und einen Abstand von einem Viertel der Wicklungsperiode haben (Fig. 5).
9. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Spulenträger mit seinen

Leisten (17) eine Kamm-Struktur aufweist, die aus dünnen Blechen, insbesondere Schnittbandkernen, aus hochpermeablem Material geringer elektrischer Leitfähigkeit oder aus pulvermetallurgischen Massekern-Materialien hergestellt ist.

10. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzspulen (2-6) gegenüber den Stirnseiten (38) der Leisten (17) zurückversetzt in zwischen den Leisten (17) gebildeten Nuten (14) liegen.

11. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenräume (14) zwischen den Leisten (17) mit dielektrischen verschleißarmen Materialien aufgefüllt sind.

12. Elektromagnetischer Ultraschallwellenwandler nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenräume (14) zwischen den Leisten (17) in Richtung auf die Stirnflächen (38) wasserdicht abgeschlossen sind und als Kühlkanäle für Hochtemperaturanwendungen ausgebildet sind.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Ultraschallwellenwandler mit einem Magneten zur Erzeugung eines horizontal oder rechtwinklig zur Werkstückoberfläche ausgerichteten statischen oder niederfrequenten Magnetfeldes und mit einer im Magnetfeld des Magneten befindlichen Hochfrequenzspulenanordnung, die zum Senden von Ultraschall an den Ausgang eines Hochfrequenzgenerators und zum Empfangen von Ultraschall an den Eingang eines Signalempfangsverstärkers anschließbar ist.

Derartige koppelmittelfreie Ultraschallwellenwandler sind insbesondere aus der DE-AS 26 55 804 bekannt und bestehen aus einer mäanderförmigen Hochfrequenzspulenanordnung, deren dynamisches Magnetfeld über Luft in das Werkstück eingekoppelt wird. Die Spulenanordnung befindet sich dabei in einem horizontal oder rechtwinklig zur Werkstückoberfläche orientierten Magnetfeld. Ein Teil des von den Hochfrequenzspulen erzeugten hochfrequenten Magnetfeldes, dessen Frequenzbereich innerhalb des Ultraschall-Frequenzbereiches liegt, dringt in das Werkstück ein und induziert Wirbelströme, die zusammen mit dem magnetischen gleich- oder niederfrequenten Wechselfeld aufgrund von Lorentzkräften oder Magnetostriktionen Ultraschall erzeugen. Mäanderförmig aufgebaute Spulenwicklungen werden hauptsächlich zur Winkelschallung von Transversalwellen sowie zur Anregung geführter Wellen genutzt, während andere Spulengeometrien wie spiralförmige Flachspulen oder rechteckförmige Flachspulen zur Senkrechteinschallung von Transversalwellen oder Longitudinalwellen benutzt werden.

Bei den mäanderförmig aufgebauten Spulenwicklungen mit alternierendem Wicklungssinn beträgt die Amplitudenabnahme der auf diese Art und Weise erzeugten und empfangenen Ultraschallwellen zwischen 90 und 100 dB bei einer Abhebung der Hochfrequenzspule von der Werkstückoberfläche von einer Wicklungsperiode oder Spurwellenlänge. Übliche Wicklungsperioden betragen zwischen 2 und 6 mm. Hieraus ergibt sich, daß die Abstände, die zwischen der Hochfrequenzspule und dem Werkstück eingehalten werden müssen, klei-

ner als 1 mm sind, da der zur Verfügung stehende Dynamikbereich solcher Wandler meist 50 dB nicht überschreitet. Bei zunehmender Frequenz, d.h. abnehmender Wicklungsperiodizität muß die Hochfrequenzspule praktisch auf der Oberfläche aufsitzen, um ausreichende Signalausabstände zu erzielen. Diese physikalisch gegebenen Randbedingungen schränken den praktischen Einsatz der bekannten Prüfköpfe an technischen Oberflächen stark ein. Es müssen große Anstrengungen unternommen werden, um die durch mechanische, chemische oder thermische Einflüsse leicht zu beschädigenden aus dünnen Drähten mit einem Durchmesser von etwa 0,1 mm bestehenden Spulenwicklungen zu schützen. Aus der DE-OS 23 44 076 ist ein Versuch zur Lösung des oben geschilderten Problems für den Fall der Senkrechteinschallung von Transversalwellen bekannt. Der Versuch basiert darauf, daß die Hochfrequenzspule weit von der Oberfläche des zu prüfenden Werkstücks entfernt angebracht wird und zwischen der Hochfrequenzspule und dem Prüfling ein Element mit elektrisch leitender, einen geschlossenen Stromkreis bildenden Oberfläche vorhanden ist, deren einer Abschnitt mit der Induktivitätsspule induktiv gekoppelt ist, während der andere sich in der Nähe der Oberfläche des Prüflings befindet, wobei das Element aus mechanisch festem Material zum Schutz der Spule vor mechanischen Beschädigungen ausgeführt ist. Die Ausführung besteht darin, daß die Hochfrequenzwicklung um einen zylindrischen elektrisch leitenden Körper gewickelt ist, der mit einer schrägen Bohrung, die ihrerseits mit einem Radiallängsschnitt mit der Mantelfläche des Zylinders verbunden ist, versehen wird.

Aufgrund des vorhandenen Längsschlitzes können die von einer umfassenden Hochfrequenzspule induzierten Wirbelströme nur über die Seitenwände des Längsschlitzes laufen und gelangen somit in die Nähe des Prüflings, in dem dann wiederum Wirbelströme erzeugt werden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen koppelmittelfreien elektromagnetischen Ultraschallwellenwandler der eingangs genannten Art zu schaffen, der bei einem hohen Wirkungsgrad gegen Schädigungen der Hochfrequenzspulen wirksam geschützt ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Hochfrequenzspulenordnung aus mehreren Hochfrequenzspulen besteht, die auf einem magnetisch gut leitenden Spulenträger hoher Sättigungsinduktion mit wenigstens zwei parallel verlaufenden Leisten mit für benachbarte Hochfrequenzspulen jeweils alternierenden Wicklungssinn aufgewickelt sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Hochfrequenzspulenordnung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Aufgrund der oben beschriebenen hohen Verluste mäanderförmiger Luftspulen bei zunehmendem Luftspalt zwischen Spule und Werkstück bietet die Erfindung die Möglichkeit, die Spule selbst als empfindlichstes Teil von der Werkstückoberfläche entfernt anzubringen. Dadurch wird die Gefahr einer Beschädigung durch Oberflächenrauheiten, hervorstehende Teile und Zunder erheblich verringert. Während bei Luftspulen Abstände von weniger als 1 mm zwischen der Werkstückoberfläche und der Spule eingehalten werden müssen, bietet die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Hochfrequenzspulenordnung mit einem Hochfrequenzübertrager die Möglichkeit, die Spule mehrere Millimeter von der Oberfläche entfernt anzuordnen.

Damit hat man durch entsprechende Maßnahmen wie z.B. durch Eingießen mit keramischen oder anderen verschleißbaren Materialien eine gute Chance, höhere Standzeiten für den elektromagnetischen Ultraschallwellenwandler oder Prüfkopf zu erreichen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Hochfrequenzspulenordnung gemäß der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 2 einen elektromagnetischen Ultraschallwandler mit einem im Schnitt M-förmigen Elektromagneten,

Fig. 3 einen elektromagnetischen Ultraschallwandler mit einem im Schnitt U-förmigen Elektromagneten,

Fig. 4 einen elektromagnetischen Ultraschallwellenwandler mit einem Permanentmagneten und

Fig. 5 einen Spulenträger für eine Anordnung, bei der Sender und Empfänger ineinander verschachtelt sind und einen Abstand von einem Viertel der Wicklungsperiode haben.

In Fig. 1 erkennt man einen Spulenträger 1 mit mehreren Hochfrequenzspulen 2 bis 6 für einen elektrodynamischen Ultraschallwellenwandler. Der Aufbau eines elektrodynamischen Ultraschallwellenwandlers ergibt sich aus den Fig. 2 bis 4, die jeweils im Schnitt erkennen lassen, wie dem Spulenträger 1 mit Hochfrequenzspulen 2, 3, 4, 5 ein Elektromagnet 7, ein Elektromagnet 8 oder ein Permanentmagnet 9 zugeordnet ist. Die Elektromagnete 7 oder 8 dienen zur Erzeugung eines niederfrequenten Magnetfeldes, während der Permanentmagnet 9 zur Erzeugung eines statischen Magnetfeldes vorgesehen ist.

Der Spulenträger 1 ist in Fig. 1 in perspektivischer Ansicht auf der Oberfläche 10 eines nicht näher dargestellten Werkstückes aufgesetzt. Die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 sind in Serie geschaltet und werden mit Hochfrequenz-Impulsen beaufschlagt, um Ultraschall zum Aussenden zu erzeugen. Der dazu erforderliche Hochfrequenz-Impulsgenerator 11 ist in Fig. 1 symbolisch dargestellt.

Die vom Hochfrequenzgenerator 11 erzeugten Impulse beaufschlagen die in Reihe geschalteten Hochfrequenzspulen 2 bis 6, deren Wicklungssinn jeweils zwischen benachbarten Hochfrequenzspulen 2 bis 6 verschieden ist, was für die Hochfrequenzspulen 2, 3, 4 durch Pfeile veranschaulicht ist, die den Wicklungssinn bzw. die Stromrichtung in den Hochfrequenzspulen 2, 3, 4 angeben. Neben dem frequenzabhängigen Spulenstrom sind in Fig. 1 Feldlinien 12 des durch die Hochfrequenzspulen 2, 3, 4 erzeugten Magnetfeldes dargestellt. Außerdem ist in Fig. 1 die Spurwellenlänge durch die Pfeile 13 symbolisiert.

Der Spulenträger 1 mit den Hochfrequenzspulen 2 bis 6 dient zur Erzeugung eines vorgebbaren Hochfrequenz-Wirbelstrommusters innerhalb der Skintiefe des zu prüfenden Werkstückes mit der Oberfläche 10. Der Spulenträger 1 besteht aus einem magnetisch gut leitenden und elektrisch möglichst schlecht leitenden Material. Wie man in den Fig. 1 bis 4 erkennt, weist der Spulenträger 1 eine Kamm-Struktur auf. Diese Kamm-Struktur kann beispielsweise dadurch erzeugt werden, daß im Material des Spulenträgers 1 mehrere parallel verlaufende Nuten 14 vorgesehen sind, die sich bis in die Nähe der Oberseite 15 des Spulenträgers 1 erstrecken. Der Spulenträger 1 hat somit die Gestalt einer Platte 16, die in Richtung auf die Oberfläche 10 mit mehreren vorspringenden Leisten 17 versehen ist. Die Leisten 17 haben beispielsweise einen rechteckigen Querschnitt. Ihre

Abmessungen können den Abmessungen der Nuten 14 entsprechen.

Wie man in den Fig. 1 bis 4 erkennt, sind die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 jeweils auf den Leisten 17 an deren der Platte 16 benachbarten Ende aufgewickelt. Aus diesem Grunde liegen die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 gegenüber dem zur Oberfläche 10 des Werkstückes weisenden Stirnflächen 38 der Leisten 17 geschützt zurückgezogen in den Nuten 14. Hierdurch ergibt sich für die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 ein guter Schutz gegen Beschädigungen der die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 bildenden dünnen isolierten Drähte.

Wenn die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 aus dünnen isolierten Drähten im Sendefall mit einem Hochfrequenz-Impuls des Hochfrequenz-Impulsgenerators 11 beaufschlagt werden, entstehen nach dem Induktionsgesetz hochfrequente dynamische Magnetfelder in der magnetisch leitenden Struktur, die den gesamten magnetischen Kreis erfassen, d.h. auch die Oberfläche 10 des zu prüfenden Werkstückes. Innerhalb deren Skintiefe werden dann Wirbelströme induziert, die zusammen mit dem statischen Magnetfeld des Permanentmagneten 9 oder dem niederfrequenten Magnetfeld der Elektromagnete 7 oder 8 abhängig von der Magnetfeldorientierung zur Oberfläche 10 aufgrund von dynamischen Lorentzkraften und dynamischen magnetostriktiven Dehnungen Ultraschallwellen erzeugen, deren Frequenz der Frequenz der Wirbelströme entspricht.

Der Spulenträger 1 mit seiner Kamm-Struktur befindet sich bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel im Feld des Elektromagneten 7, der aus einem Magnetjoch 18 und einer Erregerspule 19 besteht. Das Magnetjoch 18 ist im Querschnitt M-förmig, wobei die äußeren Bereiche 20, 21 den Nordpol und der zurückgezogene mittlere Bereich 22 den Südpol für das niederfrequente Magnetfeld bildet.

Der Elektromagnet 7 mit der Erregerspule 19 und dem Magnetjoch 18 erzeugt ein senkrecht zur Werkstoffoberfläche 10 gerichtetes Magnetfeld mit der Induktion B_z . Die zugeordneten Feldlinien 23 sind in Fig. 2 veranschaulicht.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel des elektrodynamischen Ultraschallwellenwandlers ist eine Erregerspule 24 auf einem U-förmigen Magnetjoch 25 vorgesehen. Die Erregerspule 24 befindet sich auf dem parallel zur Oberfläche 10 des Werkstückes verlaufenden Mittelteil 26 des Magnetjoches 25, während die beiden Schenkel 27 und 28 entgegengesetzte Magnetpole bilden. Aus diesem Grunde erzeugt der Elektromagnet 8 bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ein parallel zur Oberfläche 10 des Werkstückes gerichtetes Magnetfeld. Die Feldrichtung im Werkstück ist in Fig. 3 durch einen Pfeil 29 veranschaulicht. Die Erregerspule 24 ist wie die Erregerspule 19 an einen vom Hochfrequenz-Impulsgenerator 11 getrennten Niederfrequenz-Wechselstromgenerator oder einem Gleichstromgenerator angeschlossen.

In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel des elektrodynamischen Ultraschallwellenwandlers mit dem Permanentmagneten 9 dargestellt, der ein rechtwinklig zur Oberfläche 10 des Werkstückes gerichtetes Magnetfeld mit der Induktion B_0 erzeugt, dessen Feldrichtung durch Pfeile 30 veranschaulicht ist.

Wie man in den Fig. 1 bis 4 erkennt, haben die Stirnseiten 38 der Leisten 17 nur einen geringen Abstand von der Oberfläche 10 des Werkstückes, während die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 jeweils einen großen Abstand zur Oberfläche 10 des Werkstückes haben. Durch die Ver-

wendung des magnetisch gut leitenden Spulenträgers 1 ergibt sich trotz des verhältnismäßig großen Abstands der Hochfrequenzspulen 2 bis 6 sowohl beim Aussenden von Ultraschall als auch beim Empfang von Ultraschall ein guter Wirkungsgrad, ohne daß die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 direkt auf der Oberfläche 10 aufsitzen oder durch Rauigkeiten der Oberfläche 10 verletzt werden können.

Der Spulenträger 1 aus magnetisch gut und elektrisch schlecht leitendem Material hat vorzugsweise eine hohe Sättigungsinduktion und geringe Längsmagnetostriktion. Im Sendefall werden die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 von dem Hochfrequenzgenerator 11 mit Hochfrequenz-Stromimpulsen der Frequenz der Ultraschallwelle gespeist. Im Empfangsfall sind die Hochfrequenzspulen 2 bis 6 an eine in der Zeichnung nicht dargestellte Signalverarbeitungselektronik angeschlossen.

Während bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel des Spulenträgers 1 fünf Leisten 17 und vier Nuten 14 dargestellt sind, sind bei dem Spulenträger 1 gemäß den in den Fig. 2 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispielen lediglich jeweils drei Nuten 14 und vier Leisten 17 vorhanden. Der Spulenträger 1 weist mindestens zwei Leisten 17 auf, deren Abstand einer halben Spurwellenlänge der anzuregenden Ultraschallwelle entspricht. Auch die Hochfrequenzspulen 2 bis 5 in den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 2 bis 4 sind so auf die Leisten 17 oder Zähne des Spulenträgers 1 gewickelt, daß der Wicklungssinn benachbarter Hochfrequenzspulen 2 bis 5 alterniert. Die Hochfrequenzspulen 2 bis 5 sind so miteinander verbunden, daß sie von demselben Strom durchflossen sind.

Aufgrund der physikalischen Verhältnisse ergibt sich, daß bei einer Orientierung der Längsseite der Leisten 17 oder Kammzähne rechtwinklig zur Richtung eines horizontal zur Oberfläche 10 des Werkstückes verlaufenden statischen, niederfrequenten oder gepulsten Magnetfeldes sowie bei rechtwinklig zur Oberfläche 10 des Werkstückes gerichtetem Verlauf dieses den Spulenträger 1 durchsetzenden Magnetfeldes in Einfallsebene polarisierte Transversalwellen (SV-Wellen) sowie Rayleigh-Wellen angeregt werden. Bei einer Orientierung der Längsseite der Leisten 17 oder Kammzähne parallel zur Richtung eines horizontal zur Oberfläche 10 des Werkstückes verlaufenden Magnetfeldes werden rechtwinklig zur Einfallsebene polarisierte Transversalwellen erzeugt.

Der Abstand der Leisten 17 oder Zähne kann gemäß einer Phasenbelegungsfunktion variieren. Die Kammstruktur des Spulenträgers 1 kann mit Hilfe von dünnen Blechen, z.B. Schichtbandkernen aus hochpermeablem Material geringer elektrischer Leitfähigkeit oder aus pulvermetallurgischen Massekern-Materialien erstellt werden.

Zur Verbesserung der mechanischen Stabilität können die durch die Nuten 14 gebildeten Zwischenräume zwischen den Leisten 17 mit dielektrischen verschleißarmen Materialien aufgefüllt werden. Es ist jedoch auch möglich, den durch die Nuten 14 gebildeten Hohlraum allseitig wasserdicht abzuschließen, um auf diese Weise die Nuten 14 selbst oder innerhalb der Nuten 14 verlegte Rohrleitungen als Kühlkanäle bei Hochtemperaturanwendungen zu nutzen.

In Fig. 5 sind Teile eines Spulenträgers 1 dargestellt, der es gestattet den Sender und Empfänger ineinander zu verschachteln, wobei diese einen Abstand von einem Viertel der Wicklungsperiode haben. Man erkennt in Fig. 5 eine erste Platte 46 mit ersten Leisten 47 sowie

eine zweite Platte 48, an der zweiten Leisten 49 entsprechend den Leisten 17 der Platte 16 angeordnet sind. Wie man in Fig. 5 erkennt, ragen jedoch die ersten Leisten 47 und die zweiten Leisten 49 in Längsrichtung jeweils über die erste Platte 46 bzw. die zweite Platte 48 hinaus, so daß die zweiten Leisten 49 die erste Platte 46 und die ersten Leisten 47 die zweite Platte 48 untergreifen können. Zum Zusammensetzen des ineinander verschachtelten Spulenkörpers 1 ist es erforderlich, die zweite Platte 48 mit den zweiten Leisten 49 in Richtung des Pfeiles 40 zu verschieben bis die zweite Platte 48 mit ihrem in Fig. 5 nach hinten weisenden Rand gegen den in Fig. 5 nach vorne weisenden Rand der ersten Platte 46 zur Anlage kommt. Die erste Platte 46 und die zweite Platte 48 bilden dabei eine gemeinsame Platte, die von oben gegen die ersten Leisten 47 und die zweiten Leisten 49 anliegt, die jeweils mit Sendespulen und Empfangsspulen umwickelt sind.

20

25

30

35

40

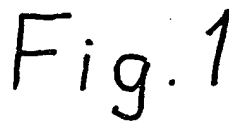
45

50

55

60

65



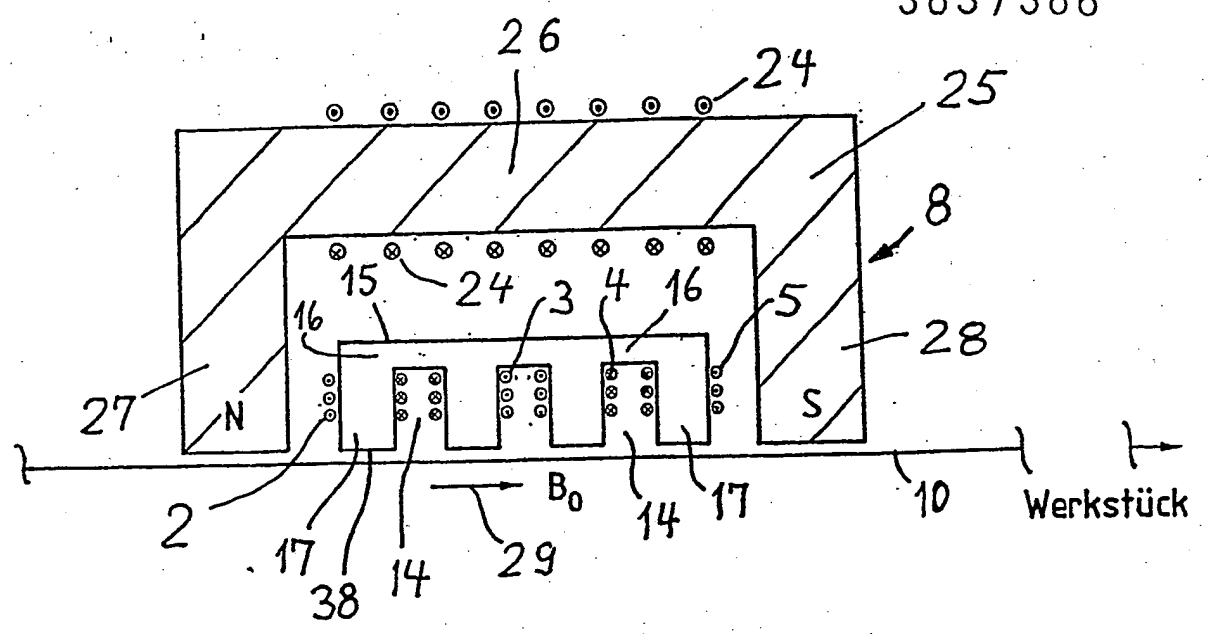


Fig. 3

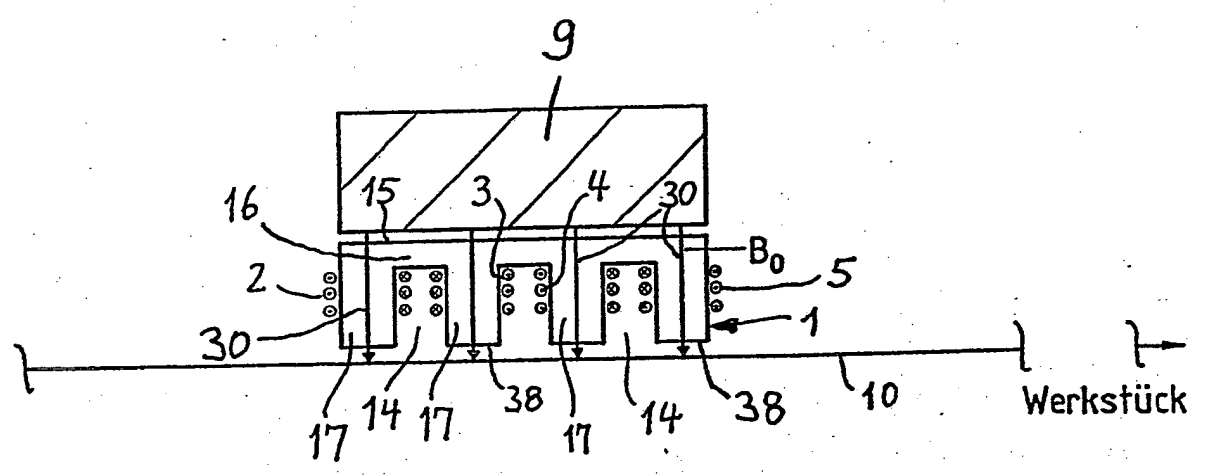


Fig. 4

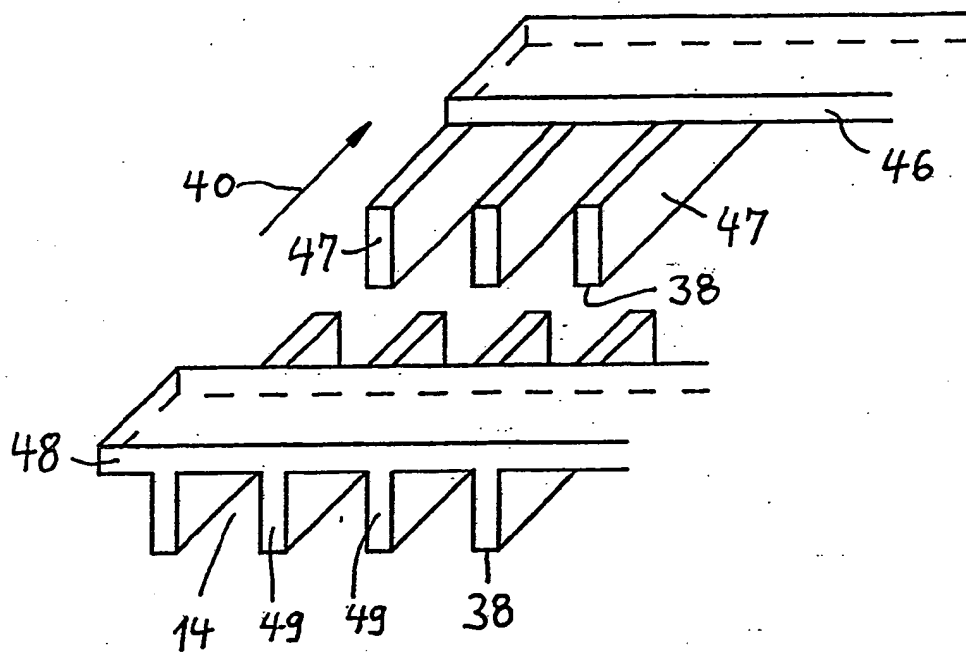


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.